

<p>(51) Internationale Patentklassifikation 5 : <b>B06B 1/16</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 94/01225</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>20. Januar 1994 (20.01.94)</b></p>
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/EP93/01693</b></p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: <b>1. Juli 1993 (01.07.93)</b></p> <p>(30) Prioritätsdaten:            P 42 21 823.3      3. Juli 1992 (03.07.92)      DE            P 43 01 368.6      20. Januar 1993 (20.01.93)      DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>GEDIB INGENIEURBÜRO UND INNOVATIONSBERATUNG GMBH [DE/DE]; Schützenstr. 1, D-57319 Bad Berleburg (DE).</b></p> <p>(72) Erfinder; und            (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>BALD, Hubert [DE/DE]; Schützenstr. 1, D-57319 Bad Berleburg (DE).</b></p> <p>(74) Anwälte: <b>SPARING, K. usw. ; Rethelstr. 123, D-40237 Düsseldorf (DE).</b></p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>(81) Bestimmungsstaaten: <b>CA, FI, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b></p> <p>Veröffentlicht  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p> </div> </div>		

(54) Title: **DEVICE FOR EXCITING VIBRATION**

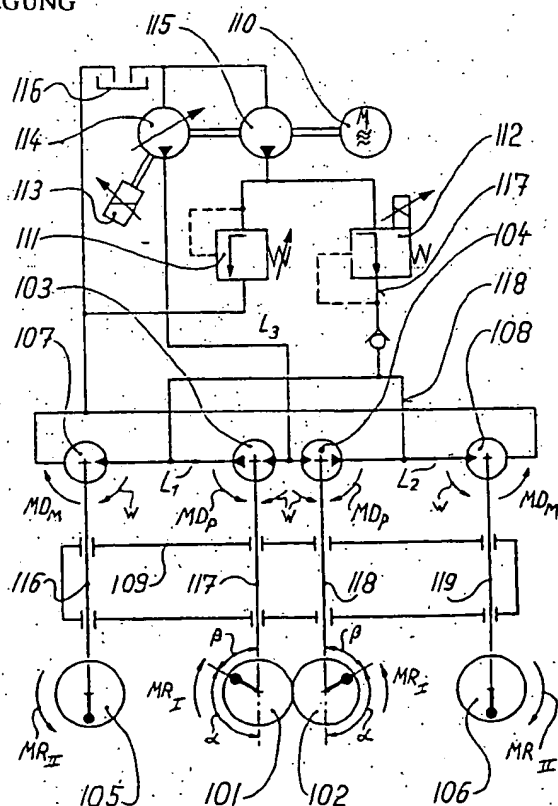
(54) Bezeichnung: **VORRICHTUNG ZUR SCHWINGUNGSERREGUNG**

(57) Abstract

Device for the excitation of vibrations in a frame in a pre-determinable direction with a motor drive and a degree of imbalance which is adjustable during operation, whereby the unbalanced masses are divided into partial unbalanced bodies. Special steps concerning the drive of the partial unbalanced bodies can reduce shock loads on the drive components caused by reactive torque and hence noise emissions arising therefrom. For use in ram vibrators and vibration benches, e.g. for moulding machines.

(57) Zusammenfassung

Vorrichtung zur Schwingungserregung eines Vorrichtungsgestells in einer vorgebbaren Richtung mit motorischem Antrieb und mit im Betrieb einstellbarer Größe der Unwucht, wobei die Unwuchtmassen in Teil-Unwuchtkörper unterteilt sind. Spezielle, den Antrieb der Teil-Unwuchtkörper betreffende Maßnahmen können durch Reaktions-Drehmomente verursachte Stoßbelastungen an den Antriebsorganen und im Gefolge davon auftretende Geräuschemissionen reduzieren. Anwendungen bei Rammvibratoren und Vibrertischen, z.B. für Formereimaschinen.



### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	FI	Finnland	MR	Mauritanien
AU	Australien	FR	Frankreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GA	Gabon	NE	Niger
BE	Belgien	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GN	Guinea	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	GR	Griechenland	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	HU	Ungarn	PL	Polen
BR	Brasilien	IE	Irland	PT	Portugal
BY	Belarus	IT	Italien	RO	Rumänien
CA	Kanada	JP	Japan	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SD	Sudan
CG	Kongo	KR	Republik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	Slowakische Republik
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CN	China	LU	Luxemburg	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LV	Lettland	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	MC	Monaco	UA	Ukraine
DE	Deutschland	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DK	Dänemark	ML	Mali	UZ	Usbekistan
ES	Spanien	MN	Mongolei	VN	Vietnam

## Vorrichtung zur Schwingungserregung

5

Die Erfindung betrifft allgemein eine Vorrichtung zur Schwingungserregung eines Vorrichtungsgestells in einer vorgegebenen Richtung und insbesondere eine solche Vorrichtung, bei welcher das die Fliehkraft  $F_R$  bestimmende resultierende Fliehmoment  $M_R$  verstellbar ist  
10 ( $F_R = M_R \times w^2$ , mit  $w$  als Winkelgeschwindigkeit).

Derartige Vorrichtungen finden ihren Einsatz z.B. als Rüttelvibratoren in Formereimaschinen oder als Rammvibratoren.

15 Zur Erzeugung einer gerichteten Schwingung benötigt man zwei Unwuchtkörper mit je einem Fliehmoment  $M$ , welche mit geeigneten Mitteln zu einem winkelsynchronen Umlauf mit gegensinniger Laufrichtung gezwungen werden müssen. Wird eine Verstellbarkeit der Fliehmomente  $M_R$  verlangt, ist jeder der Unwuchtkörper durch ein Paar von zwei Teil-Un-  
20 wuchtkörpern zu ersetzen (Teil-Unwuchtkörper erster Art und zweiter Art).

Jeder Teil-Unwuchtkörper verfügt über ein Teil-Fliehmoment mit dem Absolutbetrag  $|M/2| = \mu \times |e|$ , wobei  $\mu$  die (punktförmig konzentrierte)  
25 Unwuchtmasse darstellt und  $|e|$  den Abstand des Schwerpunktes der Unwuchtmasse von der Drehachse. Da  $e$  als Vektor aufgefaßt werden kann, ist auch das Fliehmoment  $M/2$  als Vektor anzusehen, wie auch die bei Drehung eines Teil-Unwuchtkörpers mit der Winkelgeschwindigkeit  $w$  auftretende Fliehkraft  $F = \mu \times e \times w^2$ .

30

Die Verstellbarkeit des Fliehmomentes  $M_R$  kommt dadurch zum Ausdruck, daß die Teil-Fliehmomente jedes Paares unterschiedliche Richtungen aufweisen können.

35 Um die vektorielle Summe der Teil-Fliehmomente eines jeden Paares zwischen dem Wert Null und dem Maximalwert  $M$  zu verändern, hat der dazu gehörige Stellantrieb einer entsprechenden Schwingungs-Vorrichtung zwischen den Teil-Fliehmomenten einen Relativ-Stellwinkel  $\beta = \text{Null}$  und  $\beta = 180^\circ$  einzustellen.

Die vektorielle Summe der Teil-Fliehmomente beider Paare ergibt das resultierende (Gesamt-) Fliehmoment  $M_R$  mit dem Maximalwert  $M_{R,max}$

- 5 Eine Vorrichtung zur Erzeugung von gerichteten Schwingungen mit verstellbarem Fliehmoment  $M_R$  erfordert also mindestens 4 rotierbare Teil-Unwuchtkörper, weshalb die vorliegende Erfindung auch an Beispielen mit jeweils 4 Teil-Unwuchtkörpern erläutert wird. Selbstverständlich erstreckt sich die Erfindung auch auf solche Schwingungserreger-Vorrichtungen, bei  
10 welchen sich die mindestens zwei notwendigen Paare bzw. die mindestens pro Paar notwendigen zwei Teil-Fliehmomente auf eine größere Anzahl von Paaren bzw. rotierbaren Teil-Unwuchtkörpern verteilt.

- Der der vorliegenden Erfindung am nächsten liegende bekannte Stand der Technik ist in der Druckschrift PCT/EP 90/02239 ausgewiesen. Hier wird  
15 eine Vorrichtung zur Schwingungserregung beschrieben, bei der die wenigstens notwendigen 4 Teil-Unwuchtkörper auch durch mehrere parallel angesteuerte Stellmotoren verstellt werden können. Ein vorbestimmtes, maximal einstellbares resultierendes Fliehmoment  $M_{R,max}$  ergibt sich bei Ein-  
20 stellung eines Relativ-Stellwinkels  $\beta=180^\circ$ .

- Eine einfache, robuste und preiswerte Betriebsart ergibt sich dabei dann, wenn zwecks Einstellung eines vorbestimmten resultierenden Fliehmomentes  $M_R$  den Stellmotoren mittels der Stelleinrichtung ein solches Stell-Drehmo-  
25 ment eingeprägt wird, welches im Gleichgewicht mit dem bei Einstellung des Fliehmomentes  $M_R$  sich ergebenden Reaktions-Drehmomentes  $M_R$  steht.

- Bei diesem Steuerungsvorgang genügt es also, wenn man, im Falle von hydraulischen Stellmotoren, diesen einen ganz bestimmten, das Stell-Dreh-  
30 moment bestimmenden Druck einprägt. Bei dieser Art der Steuerung des Relativ-Stellwinkels  $\beta$  können dann auch mehrere Stellmotoren durch den gleichen Druck beaufschlagt werden.

- Als nachteilig hat sich bei diesem Steuerungsverfahren herausgestellt, daß  
35 im Bereich von Werten oberhalb  $\beta=90^\circ$  die Einhaltung von vorgegebenen Werten für den Relativ-Stellwinkel  $\beta$  ohne Hinzunahme von zusätzlichen steuerungstechnischen Hilfsmitteln nicht möglich ist. Erzwingt man die Funktionserfüllung mit zusätzlichem steuerungstechnischen Aufwand dahin-

so ergeben sich für den Bereich  $\beta=90^\circ$  bis  $\beta=180^\circ$  zusätzliche Schwierigkeiten als Folge der dann auftretenden Drehmoment-Schwankungen aus dem Steuerungsprozeß und als Folge von Wechsel-Drehmomenten, welche später noch zu beschreiben sind.

5

Durch die Patentschrift DE 41 16 647 C1 ist eine Vorrichtung zur Schwingungserregung bekannt geworden, bei welcher jedem der 4 Teil-Unwuchtkörper ein eigener elektrischer Stellmotor zugeordnet ist.

- 10 Die mit Winkel-Meßsystemen ausgerüsteten Stellmotoren sind drehsteif mit den die 4 Teil-Unwuchtkörper tragenden Unwuchtwellen verbunden, und ein allen 4 Stellmotoren übergeordnetes Lageregelsystem regelt die Winkel-Lage aller Motoren derart, daß die jeweils ein Paar bildenden Teil-Unwuchtkörper in symmetrischer Weise verstellt, bzw., in symmetrischer Winkel-Lage gehalten werden.

15

Ein Relativ-Stellwinkel  $\beta$  kann problemlos auf jeden Wert zwischen  $\beta=0^\circ$  und  $\beta=180^\circ$  eingestellt werden. Ein vorbestimmtes, maximal einstellbares resultierendes Fliehmoment  $M_{R,max}$  ergibt sich bei Einstellung eines Relativ-Stellwinkels  $\beta=180^\circ$ .

20

Bei dieser Verstell-Strategie gilt die Winkel-Lage eines der 4 Motoren als unabhängige Variable (Leitgröße), während die Winkel-Lagen der 3 anderen Motoren als abhängige bzw. veränderliche Variablen (Folgegrößen) angesehen werden.

25

Damit die 3 abhängigen Winkel-Lagen unter dem Einfluß von Störgrößen, wozu auch die Reaktions-Drehmomente  $M_R$  gehören, stets auf dem vorgeschriebenen Sollwert verharren, muß jeder Stellmotor permanent von einem eigenen Regler beaufschlagt sein.

30

Da durch die mitschwingende gemeinsame dynamische Masse  $m_g$  eine energiemäßige Koppelung aller Teil-Unwuchtkörper untereinander gegeben ist (Transformatorwirkung), derart, daß mit einer Verstellung der Winkel-Lage an einem Teil-Unwuchtkörper sich die drei anderen Teil-Unwuchtkörper ebenfalls verstellen möchten, sind alle Regler ständig mit dem Ausregeln von Winkelabweichungen in beiden Richtungen beschäftigt.

35

Die somit sich ergebenden Anforderungen an die Dynamik der Regler werden noch verschärft durch den Umstand, daß die Definition der Winkel-Lage einer der Unwuchtwellen als Leitgröße, und die regelungstechnische Nachführung der Folgegrößen der 3 anderen Winkel-Lagen zu unsymmetrischen Belastungen führen. Als Ergebnis der notwendigen hochdynamischen  
5 Regelung ergeben sich laufende Veränderungen von Drehgeschwindigkeiten und Drehmomenten an den Motoren.

Die negativen Auswirkungen von daraus sich ergebenden Drehmoment-  
10 Sprüngen auf die Antriebsorgane sind dem Fachmann bekannt. Die Beanspruchung der Antriebsorgane ist besonders hoch, wenn die Motoren stationär (also nicht mitschwingend) angeordnet sein sollen und dennoch über geeignete Antriebsorgane eine drehsteife Drehmomentübertragung zwischen Stellmotor und Unwuchtwellen erfolgen muß.

15

Die durch die DE-PS 41 16 647 C1 gekennzeichnete Gattung von Schwingungserregungs-Vorrichtungen mit verstellbarem resultierenden Fliehmoment  $M_R$  und mit einem jedem Teil-Unwuchtkörper zugeordneten eigenen Stellmotor weist die beiden nachfolgend benannten Nachteile auf:

20

- Die Stellanrichtungen für die Regelung bzw. Steuerung des Relativ-Stellwinkels  $\beta$  sind sehr aufwendig bzw. auch sehr teuer.

- Es wirken offensichtlich auf die beteiligten Antriebsorgane (z.B.  
25 Zahnräder, Zahnriemen, Kardanwellen) hohe dynamische Belastungen ein, die zum schnellen Verschleiß bzw. zur raschen Unbrauchbarkeit der Antriebsorgane führen und gleichzeitig verantwortlich sind für hohe Geräusch-Emissionen.

30 Die Erfindung macht es sich zur Aufgabe, die durch die zuvor geschilderten Beispiele gekennzeichnete Gattung von Schwingungserregungs-Vorrichtungen zu verbessern. Die Verbesserung soll einerseits dazu beitragen, die Kosten und den gerätemäßigen Aufwand zur steuerungsmäßigen Beeinflussung des Relativ-Stellwinkels  $\beta$  gering zu halten und andererseits auch  
35 zur Folge haben, daß die vorgenannten Verschleiß- und Geräusch-Probleme, deren Ursachen in der Existenz von Wechselmomenten zu suchen sind, zu reduzieren.

Bevor auf die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe eingegangen wird, soll zunächst versucht werden, auf die theoretischen Ursachen der genannten Schwierigkeiten einzugehen.

- 5 In der PCT-OS PCT/EP 90/02239 wird anhand der Fig.4 für eine Vorrichtung zur Schwingungserregung mit 4 Teil-Unwucht-Körpern erläutert, daß zwischen den Teil-Unwuchtkörpern erster und zweiter Art durch Massenkräfte verursachte Reaktions-Drehmomente  $MR_I$  und  $MR_{II}$  wirken. (Man beachte jedoch, daß der dort gekennzeichnete Winkel  $\beta$  mit dem in der Beschreibung der vorliegenden Erfindung benutzten Winkel  $\alpha$  identisch ist).
- 10

Diese bekannten theoretischen Betrachtungen sollen nachfolgend anhand der Figuren 5 und 6 erweitert werden.

- 15 Die Reaktions-Drehmomente  $MR$  treten als Wechsel-Momente mit sinoidischem Verlauf über dem Drehwinkel  $\mu$  mit einer doppelt so hohen Frequenz wie die Drehfrequenz auf, also mit zwei Spitzenwerten pro Umdrehung (Siehe Fig. 5). Die absolute Größe der Reaktions-Drehmomente  $MR$  ist abhängig von der dynamischen Masse  $m_g$ , von der Winkelgeschwindigkeit  $w$ , von dem Fliehmoment  $M_x$  und vom Relativ-Stellwinkel  $\beta$ .
- 20

Fig. 5 zeigt den Verlauf des Reaktions-Drehmomentes  $MR$  als Funktion des Winkels  $\beta$  für die Winkelwerte  $\beta = 30^\circ$ ,  $90^\circ$  und  $180^\circ$ . (Die Bedeutung der nachfolgend benutzten Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  geht anschaulich aus Fig. 1 hervor.

- 25 Während mit  $\alpha$  und  $\beta$  Verstellwinkel gekennzeichnet sind, handelt es sich beim Winkel  $\mu$  um den gemeinsamen Drehwinkel der Unwuchtwellen.)

Mit den Beispielen wird angedeutet, daß bis  $MR = f(\beta=90^\circ)$  mit steigendem Winkel  $\beta$  gleichzeitig sowohl die Amplituden-Werte der Wechselmomente ansteigen, als auch der Anteil der negativen  $MR$ -Werte zunimmt.

30

- Ab dem Funktionsverlauf für  $MR = f(\beta=90^\circ)$  bis  $MR = f(\beta=180^\circ)$  erfolgt eine Abnahme der Amplituden-Werte. Bemerkenswerter ist jedoch, daß die negativen  $MR$ -Werte mit wachsendem Winkel  $\beta$  laufend zunehmen, bis schließlich bei  $\beta=180^\circ$  der Anteil der positiven  $MR$ -Werte gleich dem Anteil der negativen  $MR$ -Werte ist.
- 35

Wenn man die Funktion von  $MR$  über den Drehwinkel  $2\pi$  integriert, erhält man den sogenannten Drehimpuls  $D$ . Teilt man den Wert für  $D$  durch  $2\pi$ , erhält man ein durchschnittliches Reaktions-Drehmoment  $MR$ .

- Die Größe von  $MR$  entspricht der Größe desjenigen Stell-Drehmomentes  $MD$  an der Unwuchtwelle, welches durch einen Verstellmotor aufgebracht werden muß, um den zugehörigen Relativ-Stellwinkel  $\beta$  aufrecht zu erhalten.

Ermittelt man gemäß Fig. 5 für alle Werte von  $\beta$  das durchschnittliche Reaktions-Drehmoment  $MR$  und trägt die Werte für  $MR$  über dem Winkel  $\beta$  auf, so erhält man einen Kurvenverlauf wie in Fig. 6 dargestellt. Die Kurve für die Funktion  $MR = f(\beta)$  ist gleichzeitig ein Maß für das zur Aufrechterhaltung eines Winkel  $\beta$  aufzubringende Stell-Drehmoment  $MD = f(\beta)$  [mit  $MR = -MD$ ].

Bemerkenswert ist in Fig. 6, daß die Abnahme des Funktionswertes für  $MR$  nach Überschreiten des Maximal-Punktes  $MP$  vom Maximal-Wert bis auf den Wert Null bei  $\beta = 180^\circ$  nicht in erster Linie auf eine Abnahme der Amplituden-Werte der entsprechenden Funktionen in Fig. 5 zurückzuführen ist, sondern hauptsächlich auf den Umstand, daß sich mit zunehmendem Wert für Winkel  $\beta$  die positiven und die negativen  $MR$ -Werte mehr und mehr die Waage halten. Man kann mathematisch nachweisen, daß der Maximalpunkt  $MP$  bei  $\beta = 90^\circ$  liegen muß und die Kurve eine reine Sinuslinie ist.

Aus Fig. 6 entnimmt man aus dem Kurvenverlauf für  $MD = f(\beta)$  [ $= -MR$ ] für einen Arbeitspunkt  $AP_i$  links vom Maximal-Punkt  $MP$ , daß bei einem eingprägten Stell-Drehmoment  $MD_{Ai}$  am Stellmotor sich ein Winkel  $\beta_{Ai}$  einstellt, wobei es für die Einhaltung dieser Zuordnung keinerlei Regelung bedarf.

Die ohne Regelung erreichbare Stabilität des Betriebszustandes bei vorgegebenem konstanten Wert für  $MD_{Ai}$  erklärt sich aus dem Verhalten bei Abweichungen des Wertes von  $\beta_{Ai}$  nach oben oder unten: Tendiert  $\beta_{Ai}$  zu größeren Werten, so vergrößert sich auch das rückstellende Reaktions-Drehmoment  $MR$  und sorgt für eine Verkleinerung von  $\beta_{Ai}$ . Tendiert  $\beta_{Ai}$  zu kleineren Werten, so nimmt das innere Rückstellmoment  $MR$  ebenfalls ab, so daß sich der Wert  $\beta_{Ai}$  unter dem Einfluß des Stell-Drehmomentes  $MD_{Ai}$  zwangsläufig wieder vergrößern muß.



Ganz anders sieht jedoch das Betriebsverhalten in einem Arbeitspunkt  $AP_n$  auf dem absteigenden Kurvenast aus:

Tendiert der Winkel  $\beta_{AP}$  zu größeren Werten, so verkleinert sich das rückstellende Reaktions-Drehmoment  $\underline{MR}$ , was wegen des nun entstehenden Überschusses von  $MD_{AP}$  gegenüber dem aktuellen Wert von  $\underline{MR}$  zur Beschleunigung der Verstell-Drehung der entsprechenden Teil-Unwuchtkörper führt, wodurch sich der Winkel  $\beta$  automatisch weiter vergrößert. Ein ähnlich negatives Betriebsverhalten stellt sich ein bei Abweichungen des Wertes  $\beta_{AP}$  vom Sollwert zu kleineren Werten hin. Ein Stabilhalten des Arbeitspunktes  $AP_n$  kann insbesondere im rechten Teil des absteigenden Kurvenastes nur mit Gegen-Regeln mit einem negativen Stelldrehmoment erreicht werden.

Das stabile Einregeln eines Arbeitspunktes auf dem rechten Kurven-Teil der Funktion  $MD = f(\beta)$  erfordert aus den aufgezeigten Gründen einerseits einen echten Regler (mit Rückmeldung des Istwertes der Regelgröße  $\beta$ ) und verursacht zum anderen durch den laufenden Vorzeichen-Wechsel des Stelldrehmomentes  $MD$  eine laufende Lastumkehr an den Getriebeteilen, was wegen des meistens vorhandenen Umkehrspieles zu unerwünschten hohen dynamischen Belastungen führt.

Im Vergleich dazu noch höhere dynamische Belastungen ergeben sich aus dem Verlauf der Reaktions-Drehmomente  $MR = f(\beta, \mu)$  über den Drehwinkel  $\mu$  gesehen:

Aus Figur 5 entnimmt man folgende Zusammenhänge: Die Spitzenwerte der Reaktions-Drehmomente  $MR = f(\beta, \mu)$  überragen die Größe des durchschnittlichen Reaktions-Drehmomentes  $\underline{MR} = f(\beta)$ , was für das Beispiel  $MR = f(\beta=90^\circ)$  durch Schraffur dargestellt ist.

Da die Größe von  $\underline{MR}$  ja mit dem konstant wirkenden Stell-Drehmoment  $MD$  gleichgesetzt werden kann, kann man die Wirkung der Drehmomente am Beispiel  $MR = f(\beta=90^\circ)$  und  $MD = f(\beta=90^\circ)$  für den Fall, daß bei der Kraftübertragung durch sämtliche, beteiligte Antriebsorgane kein Spiel auftritt, wie folgt deuten:

Beide Drehmomente wirken in entgegengesetzter Richtung auf die rotierba-

es kommt zu einer zusätzlichen Beschleunigung der Drehmassen durch  $M_R$ , was sich in einer Erhöhung der Winkelgeschwindigkeit um den Betrag  $\Delta\omega$  äußert (Siehe auch die Kurve für  $\Delta\omega$  in Fig. 5).

- 5 Während der Phase 2 bis 3 überwiegt das (verzögernde) Stell-Drehmoment  $M_D$ , wodurch die Erhöhung der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  um den Betrag  $\Delta\omega$  wieder rückgängig gemacht wird.

Ist jedoch in der Kette der Kraftübertragung durch sämtliche beteiligte  
10 Antriebsorgane ein Umkehrspiel vorhanden, was normalerweise stets der Fall ist, so kommt es nicht nur zu einem Kräfte- bzw. Momentenverlauf, wie in Fig. 5 dargestellt, sondern es treten schlagende Beanspruchungen mit sehr viel höheren Spitzenwerten auf. Denn bei dem Vorhandensein von Umkehrspiel ist die "glättende Wirkung" von  $M_R$  oftmals nicht mehr ge-  
15 wahrleistet, und die Energie des Dralls (entsprechend der Fläche unter der Kurve "A" von 0 bis 2a in Fig. 5) setzt sich durch Massenbeschleunigung vollständig in kinetische Energie um.

Hiermit erklärt sich zu einem großen Teil die Ursache der zu beobachten-  
20 den negativen Auswirkungen von dynamischen Belastungen in den Antriebsorganen von bezüglich ihres Fliehmomentes  $M_x$  veränderbaren Schwingungserregungs-Vorrichtungen.

Die zu den Winkelgeschwindigkeits-Abweichungen  $\Delta\omega$  zugehörigen  
25 Drehwinkel-Abweichungen  $\Delta\mu$  liegen typischerweise im Bereich zwischen  $0,5^\circ$  und  $1^\circ$ , was z.B. bei als Antriebsorganen eingesetzten Zahnradern einen Betrag größer als das Zahnspiel ausmachen kann. Die Abweichungen stellen jeweils die Unterschiede zwischen einem Teil-Unwuchtkörper erster Art und zweiter Art dar.

30 Die Verhältnisse bei dem zitierten Beispiel  $\beta=90^\circ$  stellen noch nicht die schärfsten Wechselbelastungen dar. Diese stellen sich mit wachsendem Wert für Winkel  $\beta$  ein, wobei die Amplituden der Wechselmomente kaum abnehmen, wohl aber die Größe des durchschnittlichen Reaktions-Drehmomentes  
35  $M_R$ , welches letzteres bei  $\beta=180^\circ$  gar den Wert Null erreicht. Mit abnehmendem  $M_R$  nimmt die Wirkung der Wechselmomente also noch zu.

Die Lösung der gestellten Aufgabe ist in den unabhängigen Patentansprüchen 1 und 6 definiert und beruht auf dem nachfolgend beschriebenen Konzept:

- 5 a) Zum Einstellen und Aufrechterhalten eines vorgegebenen Relativ-Stellwinkels  $\beta$  mit Hilfe der übergeordneten Stell-Einrichtung wird jedem Stellmotor ein nur in einer Richtung wirkendes Stell-Drehmoment MD eingeprägt, wobei die Richtung des Stell-Drehmomentes derart wirkt, daß eine Vergrößerung des Stell-Drehmomentes eine Vergrößerung des Relativ-  
10 Stellwinkels  $\beta$  zur Folge hat.
- b) Die Teil-Fliehmomente werden (um bis zu 30 %) größer, als eigentlich unbedingt notwendig, dimensioniert, derart, daß zwecks Einstellung des vorgesehenen maximalen und zulässigen resultierenden Fliehmomentes  $M_{R,max}$  eine Verstellung des Relativ-Stellwinkels  $\beta$  nur bis etwa in  
15 eine Größenordnung von 90° nötig ist.
- c) Die Begrenzung des Relativ-Stellwinkels  $\beta$  hat zur Folge, daß die Auswirkungen der Reaktions-Drehmomente  $M_R$ , bzw. auch die zu dynamischen Belastungen führende Wirkung von fertigungsbedingtem oder von  
20 gebrauchtsbedingtem Spiel (Umkehrspiel) an oder zwischen solchen Antriebsorganen, welche der Synchronisation des Drehwinkels zweier Teil-Unwuchtkörper der ersten Art oder der zweiten Art je eines Paares dienen (z.B. an Zahnrädern, Zahnriemen Kardanwellen), spätestens nach erfolgter Einstellung des vorgegebenen Relativ-Stellwinkels  $\beta$  reduziert oder  
25 aufgehoben werden.
- d) Die Vermeidung von nachteiligen Wechselmomenten wird außerdem erreicht durch Inanspruchnahme von im Bereich eines Relativ-Stellwinkels  $\beta$  kleiner als 90° selbsttätig (durch die mitschwingende dynamische Masse  $m_g$ ) wirkenden inneren Kräften. Bei symmetrischer Beaufschlagung der  
30 Stellmotoren mit Stell-Drehmomenten befindet sich die Symmetrie der sich einstellenden Drehwinkel aller Teil-Unwuchtkörper nämlich in einem derart stabilen Zustand, daß auf andere Synchronisationsmittel im Prinzip gänzlich verzichtet werden kann (wie in Fig. 1 und 4 erläutert).  
35

Gemäß Patentanspruch 1 können die Antriebsorgane von der Belastung der Reaktions-Drehmomente  $M_R$  praktisch komplett befreit werden, indem jedem

Teil-Unwuchtkörpern gleicher Art zugeordneten Stellmotoren an die Teil-Unwuchtkörper Stell-Drehmomente MD mit gleich großem Betrag, jedoch unterschiedlicher Wirkrichtung übertragen, und wobei die Beträge der Stell-Drehmomente MD bei konstant gehaltenem Relativ-Stellwinkel  $\beta$  dem durchschnittlichen Reaktions-Drehmoment MR des zugeordneten Teil-Unwuchtkörpers entsprechen.

Mit den Mitteln gemäß Patentanspruch 6 kann die Wirkung dynamischer Belastungen aus Umkehrspiel dadurch reduziert oder aufgehoben werden, daß mit Erreichen des vorbestimmten Relativ-Stellwinkels  $\beta_{\max}$  wenigstens bei einem Paar gegen einen den Relativ-Stellwinkel  $\beta$  begrenzenden Anschlag gefahren und die Anschlagstellung mit einem Stell-Drehmoment festgespannt wird.

15 Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 benötigt erstaunlicherweise im Prinzip keinerlei zusätzliche Synchronisierungsmittel zur Synchronführung der Drehwinkel aller Teil-Unwuchtkörper. Die Synchronhaltung des Relativ-Stellwinkels  $\beta$  wird durch das für jedes Paar gleich große Reaktions-Drehmoment MR bzw. durch das gegenwirkende Stell-Drehmoment MD besorgt, während die Synchronlage der Winkel beider Paare durch solche Massenkräfte bewirkt wird, die aus dem Trägheitsbestreben der auf beide Paare gemeinsam einwirkenden dynamischen Masse mg erklärbar ist. Man bedenke dabei, daß die oszillierende dynamische Masse mg den Teil-Unwuchtkörpern laufend wechselweise Drehbeschleunigungen und Drehverzögerungen  
25 zugleich, und damit synchronisierend, einprägt.

Wenngleich Synchronisierungsmittel nicht benötigt werden zur Synchronführung der Drehwinkel, kann es dennoch zweckmäßig sein, solche als Sicherungsmaßnahme vorzusehen. In Fig. 2, wie auch in Fig. 4 sind zwischen zwei Teil-Unwuchtkörpern gleicher Art zweier Paare Zahnräder als Sicherungsmaßnahmen vorgesehen. Diese Zahnräder übertragen normalerweise keine Synchronisierungskräfte oder andere Kräfte und können daher auch ohne Schmierstoff-Zugabe betrieben werden. Sie haben lediglich die Aufgabe, den Synchronlauf in Notfällen bei von außen einwirkenden Symmetriestörungen zu sichern.  
35

Ganz im Gegensatz zu der Erfindung nach der DE-PS 41 16 647 C1 ist bei der vorliegenden Erfindung eine Rückmeldung der Drehwinkel-Istlage nicht

notwendig, wie auch eine Lage-Regelung bezüglich des Drehwinkels nicht stattfindet.

Die mögliche Parallel-Beaufschlagung mehrerer Motoren, wie überhaupt die Anwendung des Prinzips der Steuerung (anstatt Regelung) leisten den Haupt-Beitrag bezüglich Vereinfachung und Kostenreduzierung bei Anwendung einer Vorrichtung nach der Erfindung.

Zu den Vorteilen, die sich aus der Beschränkung des Verstellbereiches im Wesentlichen auf Werte zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  für den Relativ-Stellwinkel  $\beta$  ergeben, gehört auch, daß man dabei den Bereich mit den höchsten Wechsel-Momenten  $M_R$  vermeidet. [Siehe auch  $M_R = f(\beta=180^\circ)$  in Fig. 5]

Die zusätzliche Benutzung eines den Relativ-Stellwinkel  $\beta$  begrenzenden Anschlages kann aus mehreren Gründen sinnvoll sein. Z.B. kann man Winkel  $\beta > 90^\circ$  einstellen oder bei  $\beta < 90^\circ$  einen gewünschten Relativ-Stellwinkel  $\beta$  gegen Veränderungen durch diverse denkbare Störgrößen schützen.

Das Begrenzen des Relativ-Stellwinkels  $\beta$  erfolgt bei der Lösung nach Patentanspruch 6 durch einen Anschlag, wobei zwei Anschlagsorgane mit einem durch die Stellmotoren erzeugten Drehmoment festgespannt werden.

Um bei dieser Lösung den Relativ-Stellwinkel  $\beta$  variieren zu können, kann man den Anschlag selbst versetzen bzw. verändern.

Eine einfache Lösung ergibt sich dann, wenn man eines der Anschlagsorgane parallel oder koaxial verschieblich zu einer Drehachse der Vorrichtung anordnet, wozu das Anschlagorgan auch nicht mitumlaufend angebracht sein kann.

Ein derart variierbarer Anschlag wäre auch für eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 1 einsetzbar.

Die Unteransprüche definieren weitere bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Konzeptes.

Besonders hervorgehoben werden sollen folgende -in den Unteransprüchen berücksichtigte- Weiterentwicklungen der Erfindung:

- Es kann sehr zweckmäßig sein, Stellmotoren zugleich auch als Antriebsmotoren zu betreiben. Dabei ist zu bedenken, daß die Stellmotoren an den Teil-Unwuchtkörpern der einen Art ein Stell-Drehmoment MD mit umgekehrten Vorzeichen wie an den Teil-Unwuchtkörpern der anderen Art aufzubringen haben. Da es sich bei den Stell-Drehmomenten MD um solche Drehmomente handelt, die nur bedingt zur Nutzarbeit herangezogen werden können, ist es sinnvoll, die Stell-Drehmomente MD sich über eine Reihenschaltung der Stellmotoren gegeneinander abstützen zu lassen. Dies ist am einfachsten möglich bei Anwendung von Hydraulikmotoren. Wie dabei eine Druckaufteilung bezüglich der Stell-Drehmomente und der Arbeits-  
10 Antriebsmomente aussehen kann, ist für eine hydraulische Lösung anhand eines konkreten Beispiels in der OS PCT/EP 90/02239 (Seite 14) ausführlich beschrieben.

15 - Da eine Synchronführung der Drehwinkel (bis zu einem möglichen Anschlag) ausschließlich über die Größe der Stell-Drehmomente MD bzw. über die Größe von aus Massenkräften abgeleiteten Drehmomenten erfolgt, müssen die Antriebsmittel, mit Hilfe derer die Drehmomente von den Stellmotoren zu den Wellen der Teil-Unwuchtkörper geleitet werden, die Dreh-  
20 momente nicht zwangsläufig winkelgetreu übertragen.

Es ist daher möglich, Keilriemen einzusetzen, ohne Nachteile des bei ihrem Einsatz entstehenden Schlupfes hinnehmen zu müssen.

25 - Als Stellmotoren, die hier ja ihr Stell-Drehmoment MD einerseits in Richtung der Drehrichtung und andererseits entgegen der Drehrichtung erzeugen müssen, eignen sich vorzüglich (handelsübliche) Drehstrom-Motoren, welche bei der Einstellung des Winkels  $\beta$  von der Stelleinrichtung mit zwei unterschiedlichen Drehstromsystemen beaufschlagt werden, wobei  
30 eines der Drehstromsysteme mit dem normalen Ortsnetz identisch sein kann.

Beim Einsatz als reine Stellmotoren könnte der direkt am Netz betriebene Drehstrom-Motor - als Generator arbeitend - die dem mit höherer Frequenz  
35 arbeitenden Stellmotor zugeführte Energie wieder in das Netz zurückliefern (von stets in Kauf zu nehmenden Wandlungs- und Reibungsverlusten einmal abgesehen).

Da in diesem Falle der motorische Schlupf das Drehmoment und infolgedessen auch das Stell-Drehmoment MD bestimmt, wäre die Frequenz-Differenz ein Maß für den Relativ-Stellwinkel  $\beta$ .

Der Vorteil dieser Betriebsart bleibt beim Einsatz von Drehstrom-Asynchron-Motoren auch dann noch erhalten, wenn die Asynchron-Motoren gleichzeitig Stellmotoren und Arbeits-Antriebsmotoren sind. Eine Anwendung ist dann besonders vorteilhaft, wenn elektrische Motoren wegen der Kosten und/oder der Funktion bevorzugt sind und gleichzeitig auch noch eine elektrische Verstellbarkeit der Drehzahlen erwünscht ist.

Eine Schwingungserregungsvorrichtung mit den Merkmalen nach Anspruch 1 benötigt im Prinzip keinerlei Synchronisierungsmittel zur Synchronregelung der Drehwinkel der Teil-Unwuchtkörper des einen Paares relativ zu dem anderen Paar. Diese Eigenschaft ermöglicht es, unterschiedliche Relativ-Stellwinkel  $\beta$  für beide Paare einzustellen.

Damit ergibt sich die Möglichkeit, die Richtung der gerichteten Schwingung relativ zum Vorrichtungsgestell zu verändern. Anwendungen für eine derartige Schwingrichtungs-Steuerbarkeit ergeben sich z.B. bei Rüttlern für die Bodenverdichtung, bei denen damit nicht nur die vertikal wirkende Rüttel-Intensität variiert, sondern auch eine horizontal wirkende Beschleunigungskomponente für den Verlagerungs-Vorschub erzeugt werden kann.

Bei Formereimaschinen-Rütteltischen können mit der steuerbaren Schwingrichtung z.B. auch Horizontal-Schwingungen erregt werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen im einzelnen erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Schwingungserregungsvorrichtung mit 4 Teil-Unwuchtkörpern und 4 hydraulisch betriebenen Motoren.

Fig. 2 zeigt in einem in Fig. 3 mit E-F bzw. K-L gekennzeichneten Schnittverlauf senkrecht zu den Drehachsen eine Vorrichtung zur Schwingungserregung mit zwei Paaren von Teil-Unwuchtkörpern mit für jedes Paar koaxial angeordneten Teil-Unwuchtkörpern.

Fig. 3 ist der Schnitt durch eine Vorrichtung nach Fig. 2 gemäß der dort mit G-H gekennzeichneten Schnittführung.

Fig. 4 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit 4 Elektromotoren und deren Ansteuerung mittels eines Frequenz-Umrichters.

Fig. 5 zeigt Diagramme zum Verlauf von Reaktions-Drehmomenten, aufgetragen über dem Drehwinkel  $\mu$  der Unwuchtkörper.

Fig. 6 zeigt Diagramme für den Verlauf des notwendigen Stell-Drehmomentes  $M_D$  und des resultierenden Fliehmomentes  $M_R$  über dem Relativ-Stellwinkel  $\beta$ .

In Fig. 1 sind in einem massebehafteten Gestell 109 4 Wellen 116 bis 119 mit daran befestigten, mit bezüglich ihres Teil-Fliehmomentes gleich großen Teil-Unwuchtkörpern 101, 102, 105, 106 gelagert.

Jeder der 4 Wellen ist ein bezüglich des spezifischen Drehmomentes gleich großer Hydraulikmotor 103, 104, 107, 108 zugeordnet. Die Umlaufrichtung der Wellen ist mit  $w$  ( $w$  für Winkelgeschwindigkeit) gekennzeichnet.

Die Teil-Unwuchtkörper 101 + 105 bzw. 102 + 106 bilden jeweils ein Paar (im Beispiel auch durch gleiche Umlaufrichtungen gekennzeichnet) mit Teil-Unwuchtkörpern der ersten Art 101 bzw. 102 und der zweiten Art 105 bzw. 106, zwischen denen ein Relativ-Stellwinkel  $\beta$  einzustellen ist (Winkel  $\alpha$  ist Komplementär-Winkel  $\alpha = 180^\circ - \beta$ ).

Ein Aggregat zur Erzeugung zweier getrennter Fluid-Volumenströme ist vorgesehen, mit einem elektrischen Antriebsmotor 110, einer Pumpe 115 mit konstantem Fördervolumen und einer Pumpe 214 mit veränderbarem Fördervolumen, welches durch den Sollwertgeber 213 auf elektrischem Wege vorgebar ist. Mit einem Druckbegrenzungs-Ventil 111 ist der Druck am Ausgang der Pumpe 115 einstellbar. Über ein elektrisch ansteuerbares Druckregelventil 112 ist der Druck im Leitungsteil 117 innerhalb bestimmter Grenzen beliebig einstellbar.

Die den beiden Paaren zugeordneten Motoren-Gruppen werden parallel und mit gleichem Eingangsdruck an den Motoren von der Pumpe 114 beaufschlagt. Die Motoren eines jeden Paares sind in Serie geschaltet. Auf diese Weise ist allen Motoren die gleiche Drehgeschwindigkeit vorgegeben, die ihrerseits durch ein verändertes Fördervolumen der Pumpe 114 variiert werden kann.



Es gelangt die technische Lehre nach Patentanspruch 1 zum Einsatz. Die Hydraulikmotoren werden als Arbeits-Antriebsmotoren und als Stellmotoren zugleich eingesetzt. Die Teil-Unwuchtkörper 101 und 102 mö-  
5 gen aus Sicherheitsgründen mittels zweier, je einer Welle 117 und 118 zugeordneter Zahnräder (angedeutet durch die Berührung der die Teil-Unwuchtkörper symbolisierenden Kreise) zwangssynchronisiert sein. Da über diese Zahnräder im Normalfall keine Kräfte zu übertragen sind, könnte diese Art der Zwangssynchronisation aber auch entfallen.

10 Es wird angenommen, daß der Druck am Ausgang 117 des Druckregelventils 112 zunächst kleiner ist als im Leitungsteil 118 und daß alle Motoren mit einer gleichen Drehzahl rotieren, wobei der Relativ-Stellwinkel  $\beta$  zunächst ebenfalls den Wert Null hat.

15 In den Leitungsteilen L3 bzw. L1 und L2 haben sich Drücke aufgebaut, welche in erster Linie von den rheologischen Verhältnissen und von den beim Umlauf der rotierenden Teile entstehenden Reibleistungen bestimmt sind.

20 Stellt man nun am Ausgang 117 des Druckregelventils 112 einen Druck ein, der größer ist, als der vorher im Leitungsteil 118 herrschende, so müssen die Motoren 103 und 104 zusätzlich gegen diesen Druck anarbeiten, was für die Motoren einen gleichzeitigen Pumpbetrieb (Generatorbetrieb) bedeutet, wozu sie das Zusatz-Drehmoment  $MD_p$  benötigen.

Durch die Druckerhöhung an L1 bzw. L2 bedingt, geben die Motoren ein zusätzliches Drehmoment  $MD_M$  ab.

30 Durch die Einwirkung der zusätzlichen Drehmomente  $MD_p$  und  $MD_M$  wurde an jedem Paar der Relativ-Stellwinkel  $\beta$  erzeugt, welcher seinerseits bewirkte, daß an den Teil-Unwuchtkörpern erster Art 101, 102 ein Reaktions-Drehmoment  $MR_i$  und an den Teil-Unwuchtkörpern zweiter Art 105, 106 ein umgekehrt gerichtetes Reaktions-Drehmoment  $MR_n$  auftrat.

35 Mit der Höhe des Druckes am Leitungsteil 118 kann der Winkel  $\beta$  innerhalb des Bereiches  $0^\circ$  und  $90^\circ$  beliebig eingestellt werden.

Wie man aus Fig. 1 entnehmen kann, sind die Reaktions-Drehmomente den Zusatz-Drehmomenten entgegengerichtet, dabei sind die jeweiligen Beträge der entgegengerichteten Drehmomente gleich. Die Zusatz-Drehmomente stellen die Stell-Drehmomente  $MD$  dar ( $MD = -MR$ ).

5

Die von den Motoren 107 und 108 aufzubringenden Zusatz-Drehmomente  $MD_M$  werden nach Umwandlung durch am Gestell wirkende innere Kräfte den Motoren 103 und 104 als Zusatz-Drehmomente  $MD_P$  wieder zugeführt.

10 Man erkennt, daß für jedes Paar betrachtet, gilt, daß eine dem Produkt  $P_s = MD_M \times w = MD_P \times w$  entsprechende Scheinleistung auf einem geschlossenen Transportweg (Wellen, Gestell, Motoren, Leitungen  $L_1$  bzw.  $L_2$ ) dauernd umgewälzt wird.

15 (Zur Erläuterung der Druckverhältnisse vor und hinter den Motoren, siehe auch OS PCT/EP 90/02239, Seite 14).

In den Figuren 2 und 3 ist eine Schwingungserregungsvorrichtung nach der Erfindung gezeigt, die eine spezielle Variante der in Fig. 1 in schematisierter Form vorgestellten Vorrichtung darstellt.

20

Es handelt sich um eine Variante, bei welcher die Teil-Unwuchtkörper eines jeden Paares koaxial angeordnet sind.

25 In Fig. 2 entspricht der linke Zeichnungs-Teil der Schnittführung E-F und der rechte Zeichnungs-Teil der Schnittführung K-L. In Fig. 3 erkennt man ein aus Teilen 209 und 219 zusammengesetztes Gestell mit Rollenlagern 202 und 206, in welchen eine geteilte Welle mit den Teil-Wellen 216 bzw. 217 gelagert ist.

30

Eine Koaxialführung beider Teil-Wellen mit der Möglichkeit einer Relativdrehung gegeneinander wird dadurch erreicht, daß das rechte Wellenende 220 von Teil-Welle 216 in zwei Nadellagern 211 gelagert ist, während die Nadellager ihrerseits in einer Bohrung 210 des Hohlzylinder-Endes 207 der Teil-Welle 217 abwälzen können.

35

Auf dem Hohlzylinder-Ende 207 sind zwei bezüglich ihres Fliehmomentes gleich große Unwuchtkörper 201 a und 201 b mit gleich gerichteter

weiterer Unwuchtkörper 205 mit einem doppelt so großen Fliehmoment wie dem von Unwuchtkörper 201 a und mit einer um 180° gedreht angeordneten Schwerpunktslage (bezogen auf Unwuchtkörper 201 a) untergebracht, und zwar derart, daß er - gelagert mit einem Nadellager 218 - relativ zur  
5 Teil-Welle 217 verdrehbar ist.

Der Unwuchtkörper 205 ist drehmomentübertragend mit der Teil-Welle 216 verbunden, was durch einen Anschlagbolzen 213 bewerkstelligt wird. Dieser ist mit zwei abgesetzten Zylinderteilen jeweils in eine Bohrung 224 im  
10 Unwuchtkörper 205 und in eine Bohrung 222 im Scheibenteil 212 der Teil-Welle 216 eingepreßt.

Die in Fig. 3 gezeigte Anordnung ist samt Lagerung mit den Rollenlagern zweimal in der gleichen Ausführung im Gestell 209/219 untergebracht, wie  
15 auch aus Fig. 2 ersichtlich ist, wo gleiche Teile beider Gruppen mit gleichen Bezugszeichen-Zahlen gekennzeichnet sind. Beide Gruppen sind zwangssynchronisiert durch zwei miteinander kämmende Zahnräder 204, 204' mit Teilkreisen 226, 226'. Wie in Fig. 3 erkennbar, sind die Zahnräder 204, 204' fest mit den Teil-Wellen 217, 218 verbunden.

20

Die Verdrehbarkeit des Unwuchtkörpers 205 relativ zu den Unwuchtkörpern 201 a und 201 b wird begrenzt durch einen Anschlag, der dadurch gebildet wird, daß nach einer Relativdrehung von  $\beta = 90^\circ$  aus der gezeichneten Stellung der Anschlagbolzen 213 (durch den Kreis 228 symbolisiert) gegen eine Anschlagfläche 230 am Unwuchtkörper 201 a zu liegen  
25 kommt.

Wie in Fig. 3 mit den Motoren 203 und 207 schematisch angedeutet, sind 4 Hydraulikmotoren vorhanden und drehmomentübertragend mit den 4 Teil-  
30 Wellen 216, 219, 217, 218 verbunden.

Im Vergleich mit der Anordnung in Fig. 1 ergeben sich für die in den Figuren 2 und 3 dargestellte Vorrichtung folgende Übereinstimmungen:

35 Wellen 117 und 118 bzw. Wellen 116 und 119 sind die Teil-Wellen 217 und 218 bzw. 217' und 218'.

Motoren 103 und 104 bzw. Motoren 107 und 108 sind die Motoren 203 und

Die Teil-Unwuchtkörper 101 bzw. 102 entsprechen den zweigeteilten Teilunwuchtkörpern 201 a und 201 b bzw. 201 a' und 201 b'. Die Teil-Unwuchtkörper 105 bzw. 106 entsprechen den Teil-Unwuchtkörpern 205 bzw. 205'.

Die Betriebsweise ist die gleiche wie für Fig. 1 beschrieben. Allerdings könnten die Motoren auch Elektromotoren sein und dann z.B. auch derart betrieben werden, wie es für die Anordnung nach Fig. 4 beschrieben wird.

10

Die gezeichnete Lage der Schwerpunkte in Fig. 2 und 3 entspricht einem Relativ-Stellwinkel  $\beta=0^\circ$ . Der Verstellbereich für den Winkel  $\beta$  beträgt maximal  $90^\circ$  und wird durch den bereits beschriebenen mechanischen Anschlag begrenzt. Entgegen der zeichnerischen Darstellung könnte der durch den Anschlag begrenzte Verstellbereich für den Relativ-Stellwinkel  $\beta$  jedoch auch größer oder kleiner als  $90^\circ$  ausgeführt werden.

Der besondere Vorteil einer Koaxial-Ausführung wie in Fig. 2 und 3 gezeigt, ist neben einer platzsparenden Bauweise vor allem der Umstand, daß bei einem Betrieb der Vorrichtung mit einem geringen Betrag oder gar mit dem Betrag Null für den Relativ-Stellwinkel  $\beta$  sich eine Reduzierung oder gar eine komplette Entlastung der Wellenlager von den Fliehkräften ergibt. Dieser Gesichtspunkt ist besonders wichtig für Anwendungsfälle, wo - wie z.B. bei Rütteltischen für Formereimaschinen - ein ständiger Durchlaufbetrieb vorgesehen ist mit überwiegender Betriebsweise  $\beta = 0^\circ$ .

25

Mit einer Vorrichtung gemäß Fig. 2 und 3 könnte man aber auch die technische Lehre gemäß Patentanspruch 6 realisieren:

30 Z.B. könnte man nach Erreichen der Anschläge die Motoren 203 und 207 bzw. 203' und 207' gegeneinander verspannen (z.B. durch Druckbeaufschlagung auf den Leitungsteilen  $L_2$ ,  $L_3$ ). Man könnte auch die Scheibenteile 212 und 212' als miteinander kämmende Zahnräder ausbilden und - indem man dafür sorgt, daß nur über den Anschlagbolzen 213' ein den  
35 Relativ-Stellwinkel  $\beta$  begrenzender Anschlag erfolgt - dabei lediglich die Motoren 203 und 207 gegeneinander verspannen, so daß die Verspannung über beide Zahnradpaare bis zum Anschlag geleitet würde.

Fig. 4 zeigte eine Schwingungserreger-Vorrichtung, welche bezüglich der Anordnung und der Wirkungsweise der Teil-Unwuchtkörper und der Motoren ähnlich wie die Vorrichtung in Fig. 1 aufgebaut ist, mit lediglich dem Unterschied, daß die Motoren als 3-Phasen-Asynchron-Motoren elektrisch betrieben sind. In der Funktion vergleichbare Organe weisen in beiden Figuren die gleichen beiden Endziffern in den Bezugszeichen auf.

Die Motoren 403 und 404 werden unmittelbar vom Netzgenerator 430 beaufschlagt, während der Anschluß der Motoren 407 und 408 an das Netz unter Zwischenschaltung eines Frequenz-Umrichters 432 erfolgt.

Die Betriebsweise ist mit der die Verhältnisse vereinfachenden Annahme, daß Reibleistungen und andere Verlustleistungen gleich Null gesetzt werden können, wie folgt:

15

Zunächst laufen alle Motoren mit gleicher Drehzahl in der angegebenen Drehrichtung  $w$  bei einem Relativ-Stellwinkel  $\beta = 0^\circ$  um, wobei die Frequenz  $f_2$  gleich der Netzfrequenz  $f_1$  ist. Die Zusatz-Drehmomente bzw. Stell-Drehmomente  $MD$  weisen ebenso wie der motorische und generatorische Schlupf den Betrag Null auf.

20

Um einen bestimmten Relativ-Stellwinkel  $\beta$  einzustellen, wird die Frequenz  $f_2$  in Bezug auf  $f_1$  um 10% erhöht. Mit dem sich nun einstellenden Schlupf von 5% wird in den Motoren 407 und 408 ein motorisches Stell-Drehmoment  $MD_m$  entwickelt, welches in beiden Paaren eine Verstellung des Relativ-Stellwinkels  $\beta$  auf einen entsprechenden Wert zur Folge hat, wobei im Gefolge der Verstellung die Teil-Unwuchtkörper 405 und 406 Reaktions-Drehmomente  $MR_n$  entwickeln, die den gleichen Betrag wie die motorischen Stell-Drehmomente  $MD_m$  aufweisen.

30

Die sich automatisch an den Teil-Unwuchtkörpern 401 und 402 einstellenden Reaktions-Drehmomente  $MR_i$  treiben die Motoren 403 und 404 über ihre Synchrondrehzahlen hinaus in einen Generatorbetrieb mit 5% generatorischem Schlupf, bei welchem sich ein generatorisches Stell-Drehmoment  $MD_g$  vom gleichen Betrag wie bei den Motoren 407 und 408 einstellt.

35

Die von den Motoren 403 und 404 in das Netz eingespeiste Leistung hat die gleiche Größe wie die von den Motoren 407 und 408 aus dem Netz be-

zogene Leistung (Verlustleistungen als Null angenommen). Beide Leistungen können als Scheinleistungen angesehen werden.

Beim wirklichen, praktischen Betrieb arbeiten die Motoren als Stellmotoren und Arbeits-Antriebsmotoren zugleich. An jeder der 4 Wellen ist ein Arbeits-Drehmoment  $MD_A$  aufzubringen, welches auch die Reibungsverluste mit beinhaltet. Solange an den Wellen 417 und 418  $MD_A < MR_i$  ist, arbeiten die Motoren 403 und 404 generatorisch. Für den Fall, daß auch die Motoren 403 und 404 über einen Frequenz-Umrichter (434) betrieben werden sollen, wäre für den Generator-Betrieb eine anderweitige Energie-Ausschleußung vorzunehmen. Statt dessen kommen natürlich noch andere Lösungen in Frage (wie z.B. die Gleichstrombremsung), um an diesen Motoren ein "Bremsmoment" zu erzeugen.

Auf den Inhalt der Kurvendiagramme der Fig. 5 und 6 wurde bereits im Verlaufe der Beschreibungseinleitung eingegangen.

In Fig. 5 ist über den Drehwinkel  $\mu$  der Unwuchtkörper über einen Winkelbereich von  $2\pi$  dargestellt:

20

- Der Verlauf der Reaktions-Drehmomente  $MR$  in Abhängigkeit vom Relativ-Stellwinkel  $\beta$  für  $\beta = 30^\circ$ ,  $90^\circ$  und  $180^\circ$ .

- Die Größe der durchschnittlichen Reaktions-Drehmomente  $MR$  in Abhängigkeit vom Relativ-Stellwinkel  $\beta$  für  $\beta = 30^\circ$  und  $90^\circ$  [ $MR(\beta=180^\circ)=0$ ]. Hinzuweisen ist darauf, daß die Größe der durchschnittlichen Reaktions-Drehmomente  $MR$  dem Betrag nach stets gleich der Größe der für die Einstellung des entsprechenden Relativ-Stellwinkels  $\beta$  benötigten Stell-Drehmomente  $MD$  sind.

30

- Die Größe des optimalen Verspann-Drehmomentes  $MDVS$  für den Fall  $\beta = 90^\circ$ . Bei der Dimensionierung des Drehmomentes  $MDVS$  in dieser Größe ist sichergestellt, daß an den Anschlagorganen nach Aufbringung des Verspann-Drehmomentes kein Umkehrspiel mehr auftritt.

35

- Die Größe der Winkelgeschwindigkeits-Schwankungen  $\Delta \omega$  infolge der Abweichungen der Größe  $MR f(\beta)$  vom Stell-Drehmoment  $MD = f(\beta)$  für den Fall  $\beta = 90^\circ$  und unter der Voraussetzung fehlenden Umkehrspie-

In Fig. 6 ist als Diagramm-Kurve über dem Relativ-Stellwinkel  $\beta$  dargestellt:

- 5 - Der Verlauf des durchschnittlichen Reaktions-Drehmomentes  $M_R = f(\beta)$ . Da  $M_R = f(\beta)$  vom Betrag her gesehen stets gleichgesetzt werden kann mit dem notwendigen Stell-Drehmoment  $M_D = f(\beta)$ , und da bei Hydraulik-Motoren das Stell-Drehmoment proportional abhängig ist von dem hydraulischen Stell-Druck  $p_s$ , repräsentiert die gleiche Kurve alle 3  
10 Größen.

- Das resultierende Fliehmoment  $M_R$ . Die Kurve zeigt, daß bei  $\beta = 90^\circ$  bereits 70,7 % vom maximal möglichen Wert erreicht sind.

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Vorrichtung zur Schwingungserregung eines Vorrichtungsgestells in einer vorgebbaren Richtung mit den Merkmalen:

- Die Vorrichtung weist in dem Gestell gelagerte und zum Umlauf um eine zugeordnete Achse antreibbare Teil-Unwuchtkörper zum Erzeugen von Teil-Fliehkraftvektoren auf, von denen jeweils ein erster und ein zweiter Teil-Unwuchtkörper ein Paar bilden, deren Teil-Fliehmomente relativ zueinander um einen Relativ-Stellwinkel  $\beta$  zumindest zwischen einer ersten Position ( $\beta = 0^\circ$ ), in der das resultierende Fliehmoment minimal ist, und einer zweiten Position, in der das resultierende Fliehmoment einen vorbestimmten Maximalwert erreicht hat, verdrehbar sind,

- die Vorrichtung umfaßt wenigstens 2 Paare von Teil-Unwuchtkörpern,

- ein Stellantrieb mit aus Rotor und Stator bestehenden Stellmotoren ist vorgesehen für die Erzeugung einer Relativverdrehung zwischen den jeweils ein Paar bildenden Teil-Unwuchtkörpern auch während deren Umlauf, wobei die Stell-Drehmomente MD, das sind die Verstell-Drehmomente bzw. die Halte-Drehmomente für die Verstellung bzw. Aufrechterhaltung eines Relativ-Stellwinkels  $\beta$ , für die ersten und die zweiten Teil-Unwuchtkörper jeweils von mitumlaufenden Motor-Rotoren abgeleitet sind,

- eine Stelleinrichtung ist vorgesehen zur Beaufschlagung der Stellmotoren mit die Stell-Drehmomente bestimmenden Stell-Energiemengen bzw. Stell-Leistungen, mit denen für eine bestimmte Konstellation von Betriebsbedingungen zugleich auch die Relativ-Stellwinkel  $\beta$  festgelegt sind, in Kombination mit den nachfolgenden Merkmalen:

- a) jedem Teil-Unwuchtkörper (101, 102, 105, 106) ist ein eigener Stellmotor (103, 104, 107, 108) zugeordnet, mit dem er drehmomentübertragend verbunden ist,

- b) die den Teil-Unwuchtkörpern gleicher Art (101, 102), (105, 106) zugeordneten Stellmotoren (103, 104), (107, 108) übertragen ihnen eingeprägte Stell-Drehmomente MD an die Teil-Unwuchtkörper, an denen die Momente MD unter Miteinbeziehung von Lager-Reibmomenten mit gleich gro-



dem Betrag, jedoch mit unterschiedlichen Richtungen wirken, und zwar bei der einen Art in Umlaufrichtung und bei der anderen Art entgegen der Umlaufrichtung wirkend,

c) für den maximalen Sollwert des resultierenden Fliehmoments  $MR$  ist eine maximal zulässige Größe  $MR_{max}$  festgelegt, welche durch die Stelleinrichtung nach der Eingabe des maximalen Sollwertes in einen maximalen Relativ-Stellwinkel  $\beta_{max}$  gewandelt ist, wobei die Größe des maximalen Relativ-Stellwinkels  $\beta_{max}$  auf Werte im Bereich von  $\beta=90^\circ$  oder auf Werte unterhalb von  $90^\circ$  festgelegt sind,

d) die Teil-Unwuchtkörper verfügen über Teil-Fliehmomente mit einem in mkg definierbaren Wert, derart, daß die Summe der Absolutwerte der Teil-Fliehmomente der wenigstens 2 Paare größer ist als der absolute Wert des maximal zulässigen resultierenden Fliehmomentes  $|MR_{max}|$ .

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine spiegelbildlich symmetrische Synchronführung des Drehwinkels als einer Summe von Umlauf-Drehwinkel und anteiligem Relativ-Stellwinkel  $\beta$  für wenigstens zwei Teil-Unwuchtkörper einer Art (101, 102), (105, 106) im wesentlichen durch Einwirkung von Massenkräften erfolgt ist, und daß die Drehwinkelkomponente für den Relativ-Stellwinkel  $\beta$  synchron geführt ist durch die auf die wenigstens zwei Teil-Unwuchtkörper einer Art einwirkenden, gleich groß gehaltenen Stell-Drehmomente  $MD$ .

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Gleichhaltung der Beträge der Stell-Drehmomente, welche den Teil-Unwuchtkörpern je einer Art zugeordnet sind, bewirkt ist durch die Vorgabe der gleichen, das Stelldrehmoment bestimmenden physikalischen Größe (z.B. Druck) an die Stellmotoren durch Parallelschalten der Stellmotoren an dasselbe Stellgrößen-Erzeugungsgerät (112), (432, 434) mittels hydraulischer oder elektrischer Leitungen (118), (436, 438).

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der eine Begrenzungseinrichtung (230) für die Verstellung des Relativ-Stellwinkels  $\beta$  auf den maximalen Relativ-Stellwinkel  $\beta_{max}$  vorgesehen ist, bei Erreichen welcher Grenze ein Eingriff in das Stell-Drehmoment oder in die Winkel-Verstellbewegung erfolgt ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Winkel-Verstell-

bewegung durch einen mechanischen Anschlag (213, 230) begrenzt wird, gegen welchen Anschlag ein von den Verstellmotoren erzeugtes Festspann-Drehmoment wirksam ist.

6. Vorrichtung zur Schwingungserregung eines Vorrichtungsgestells in einer vorgebbaren Richtung mit den Merkmalen:

- Die Vorrichtung weist in dem Gestell gelagerte und zum Umlauf um eine zugeordnete Achse antreibbare Teil-Unwuchtkörper zum Erzeugen von Teil-Fliehkraftvektoren auf, von denen jeweils ein erster und ein zweiter Teil-Unwuchtkörper ein Paar bilden, deren Teil-Fliehmomente relativ zueinander um einen Relativ-Stellwinkel  $\beta$  zumindest zwischen einer ersten Position ( $\beta = 0^\circ$ ), in der das resultierende Fliehmoment minimal ist, und einer zweiten Position, in der das resultierende Fliehmoment einen vorbestimmten Maximalwert erreicht hat, verdrehbar sind,

- die Vorrichtung umfaßt wenigstens 2 Paare von Teil-Unwuchtkörpern,

- ein Stellantrieb mit aus Rotor und Stator bestehenden Stellmotoren ist vorgesehen für die Erzeugung einer Relativverdrehung zwischen den jeweils ein Paar bildenden Teil-Unwuchtkörpern auch während deren Umlauf, wobei die Stell-Drehmomente  $M_D$ , das sind die Verstell-Drehmomente bzw. die Halte-Drehmomente für die Verstellung bzw. Aufrechterhaltung eines Relativ-Stellwinkels  $\beta$ , für die ersten und die zweiten Teil-Unwuchtkörper jeweils von mitumlaufenden Motor-Rotoren abgeleitet sind,

- eine Stelleinrichtung ist vorgesehen zur Beaufschlagung der Stellmotoren mit Stell-Leistungen in Kombination mit den nachfolgenden Merkmalen:

- a) den Teil-Unwuchtkörpern erster Art (101, 102) und zweiter Art (105, 106) ist jeweils wenigstens ein Stellmotor (103, 107) zugeordnet, dessen Rotor mit den Teil-Unwuchtkörpern drehmomentübertragend verbunden ist,

- b) für den am Ende des kontinuierlich einstellbaren Verstell-Bereiches stehenden maximalen Sollwert des resultierenden Fliehmoments  $M_R$  ist eine maximal zulässige Größe  $M_{R,Kon,max}$  festgelegt, welche durch die Stelleinrichtung nach der Eingabe des maximalen Sollwertes in einen

maximalen Relativ-Stellwinkel  $\beta_{\text{Kon,max}}$  gewandelt ist, wobei die Größe des maximalen Relativ-Stellwinkels  $\beta_{\text{Kon,max}}$  auf Werte im Bereich von  $\beta=90^\circ$  oder auf Werte unterhalb von  $90^\circ$  festgelegt sind,

c) die Teil-Unwuchtkörper verfügen über Teil-Fliehmomente mit einem in mkg definierbaren Wert, derart, daß die Summe der Absolutwerte der Teil-Fliehmomente der wenigstens 2 Paare größer ist als der absolute Wert des maximal zulässigen resultierenden Fliehmomentes  $|M_{R,Kon,max}|$ ,

d) spätestens mit Erreichen des vorbestimmten maximalen Relativ-Stellwinkels  $\beta_{\text{max}}$  ist wenigstens bei einem Paar der Relativ-Stellwinkel  $\beta$  durch einen mechanischen Anschlag (213', 230') begrenzt worden, gegen welchen Anschlag ein von den Verstellmotoren erzeugtes Festspann-Drehmoment wirksam ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, bei der die gegen den Anschlag (213, 230) gerichtete Winkel-Verstellbewegung derart gewählt ist, daß die durchschnittlichen Reaktions-Drehmomente  $M_R$  den Festspann-Drehmomenten entgegenwirkend gerichtet sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, bei der die Festspann-Drehmomente größer sind als die durchschnittlichen Reaktions-Drehmomente  $M_R$ .

9. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei der wenigstens zwischen zwei Teil-Unwuchtkörpern einer Art zweier Paare eine Einrichtung zur Zwangs-Synchronisierung (204, 204') der Drehwinkel vorgesehen ist.

10. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche 4 bis 9, bei der die Drehbewegung der Teil-Unwuchtkörper eines Paares auf an einer Drehachse (214) angeordnete Bauteile übertragen ist und daß ein den Relativ-Stellwinkel  $\beta$  begrenzender Anschlag (213, 230) zwischen diesen Bauteilen hergestellt ist.

11. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei der die Stellmotoren teils als Motoren (407,408) und teils als Generatoren (403,404) arbeiten und zugleich Antriebsmotoren (103, 104; 107, 108) für die Umlauf-Drehbewegung der Teil-Unwuchtkörper sind.

12. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei der die Stellmotoren bzw. Antriebsmotoren Wechselstrom-Motoren sind.

13. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei der die Stellmotoren bzw. Antriebsmotoren erster Art und zweiter Art Drehstrom-Motoren sind, gekennzeichnet durch die Kombination folgender Merkmale:

a) Beide Arten von Drehstrommotoren sind angeschlossen an zwei unterschiedliche Drehstrom-Systeme mit einer Kenngrößen-Differenz entweder bezüglich der Kenngröße Drehfrequenz oder bezüglich der Kenngröße Winkellage des resultierenden Drehfeld-Vektors,

b) wenigstens eines der Drehstrom-Systeme ist nicht mit dem netzmäßigen Drehstrom-System identisch und ist künstlich erzeugt durch ein Steuerungsteil,

c) das Steuerungsteil zur Erzeugung des wenigstens einen künstlichen Drehstrom-Systems verfügt für jede Phase des Systems über einen Halbleiter-Strompfad-Schalter, durch dessen Puls-Ein-Ausschaltung pro Zyklus eine vorbestimmte Energiemenge durch den Schalter geleitet wird, wobei die Durchleitung der Ströme für jede Phase in zyklischer Vertauschung erfolgt, bezogen auf die zeitlichen Maximalwerte der Energiemengen,

d) der Relativ-Stellwinkel  $\beta$  ist hergestellt durch die Erzeugung eines generatorischen Drehmoments an einem der Drehstrommotoren durch Herbeiführung einer übersynchronen Betriebsweise, deren Zustand durch die Kenngrößen-Differenz bestimmt ist,

e) die Kenngrößen-Differenz ist dabei die Summe einer ersten, zwischen dem ersten Drehstrom-System und dem Rotor des antreibenden Motors meßbaren Teildifferenz und einer zweiten, zwischen dem Rotor des bremsenden Motors und dem zweiten Drehstrom-Systems meßbaren Teildifferenz.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der Erzeugung des generatorischen Drehmoments ausgekoppelte elektrische Leistung, bzw., daß die bei der Erzeugung des generatorischen Drehmoments im Vergleich zum motorischen Betrieb rückwärts durch die Motor-Anschlußklemmen fließenden, drehmomentbestimmenden Wirkströme  $i^*$  in ihrer Wirkgröße erfaßt sind und daß diese Wirkgröße steuerungstechnisch ausgewertet ist entweder zur Bestimmung der Ist-Größe des Re-

lativ-Stellwinkels  $\beta$  oder zur Einstellung und/oder Konstanthaltung eines vorgegebenen Relativ-Stellwinkels  $\beta$ .

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß für die Einstellung und/oder Konstanthaltung eines vorgegebenen Relativ-Stellwinkels  $\beta$  bei der steuerungsmäßigen Beeinflussung der Motoren die Gesetzmäßigkeit der Beziehung zwischen Wirkströmen  $i^*$  und Relativ-Stellwinkel  $\beta$ , vorzugsweise gemäß Beziehung " $i^*$  ist proportional zu  $\sin \beta$ ", mit verarbeitet ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltglieder des Steuerungsteils in ihrer Schaltungsweise durch einen Rechner gesteuert sind, daß die Drehfrequenz der Motoren und der Relativ-Stellwinkel  $\beta$  zugleich verstellbar sind, daß die Einstellung und/oder Konstanthaltung des Relativ-Stellwinkels  $\beta$  durch einen Regelkreis bewirkt ist, und daß der Regelalgorithmus neben einem Proportional-Anteil auch über einen Integral-Anteil verfügt.

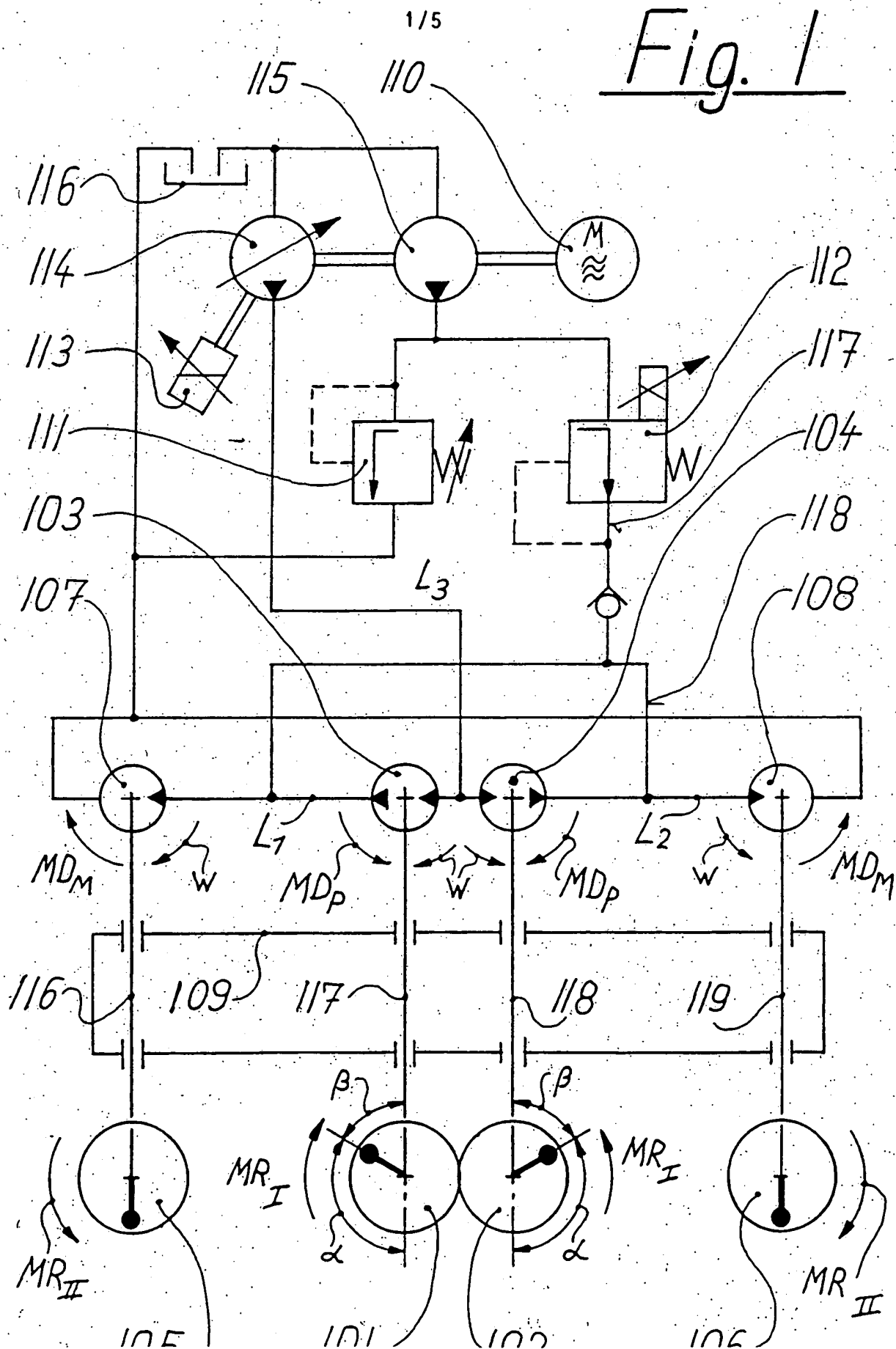
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingungserregungs-Vorrichtung Teil eines Rütteltisches einer Formmaschine ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei der über die Stelleinrichtung den Stellmotoren ein für jeden Teil-Unwuchtkörper eines Paares gleich großes, jedoch von Paar zu Paar unterschiedliches Stell-Drehmoment  $M_D$  eingeprägt ist, wodurch für jedes Paar ein unterschiedlicher Relativ-Stellwinkel eingestellt ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei für die Verstellung des Relativ-Stellwinkels  $\beta$  für jedes Paar eine den Winkel  $\beta$  begrenzende Einrichtung vorgesehen ist und wobei durch die Einwirkung der den Winkel  $\beta$  begrenzenden Einrichtung für jedes Paar ein unterschiedlicher Relativ-Stellwinkel  $\beta$  eingestellt ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei wahlweise zusätzlich gemäß den kennzeichnenden Teilen der Ansprüche 18 oder 19 für jedes Paar ein unterschiedlicher Relativ-Stellwinkel  $\beta$  einstellbar ist.

Fig. 1



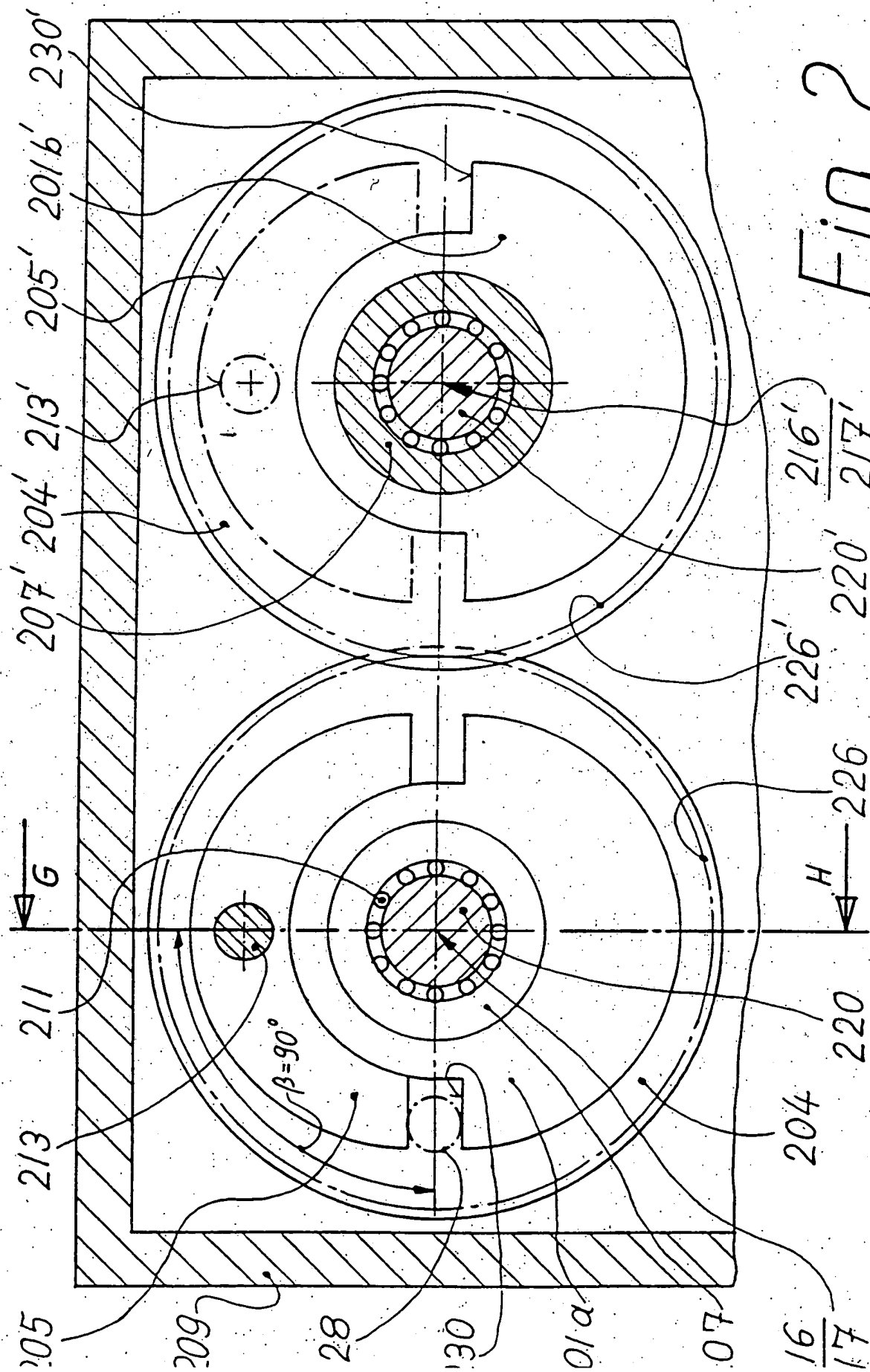


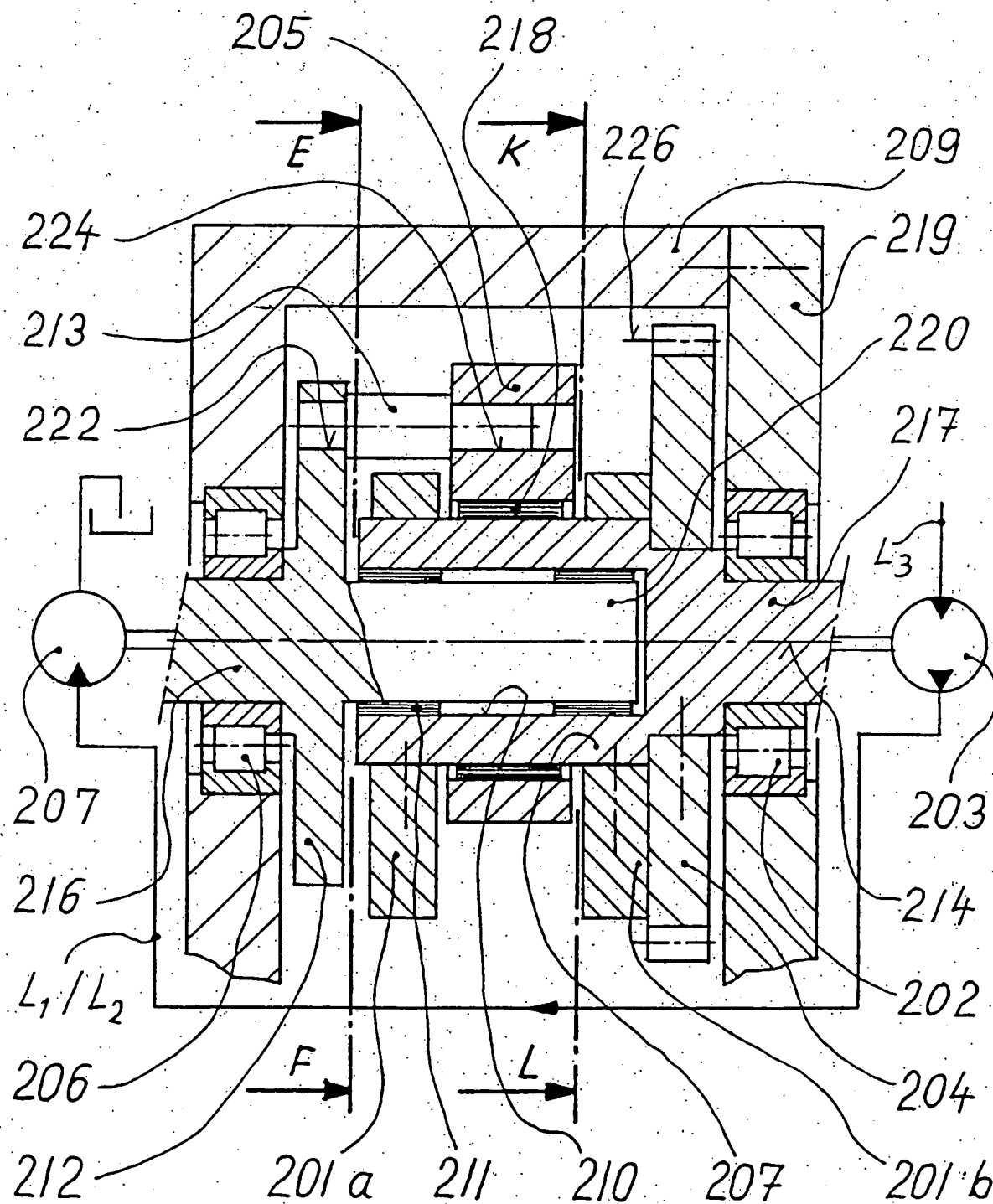
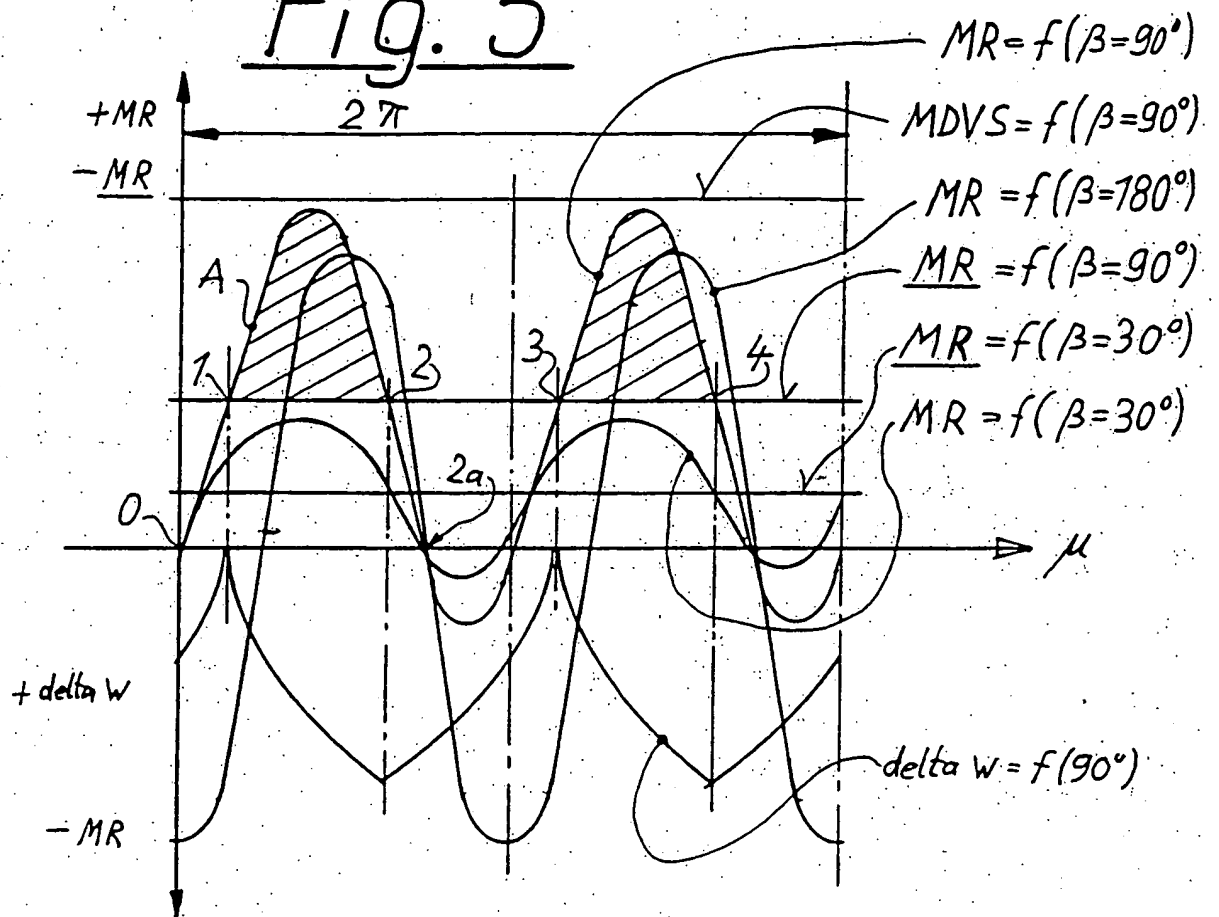
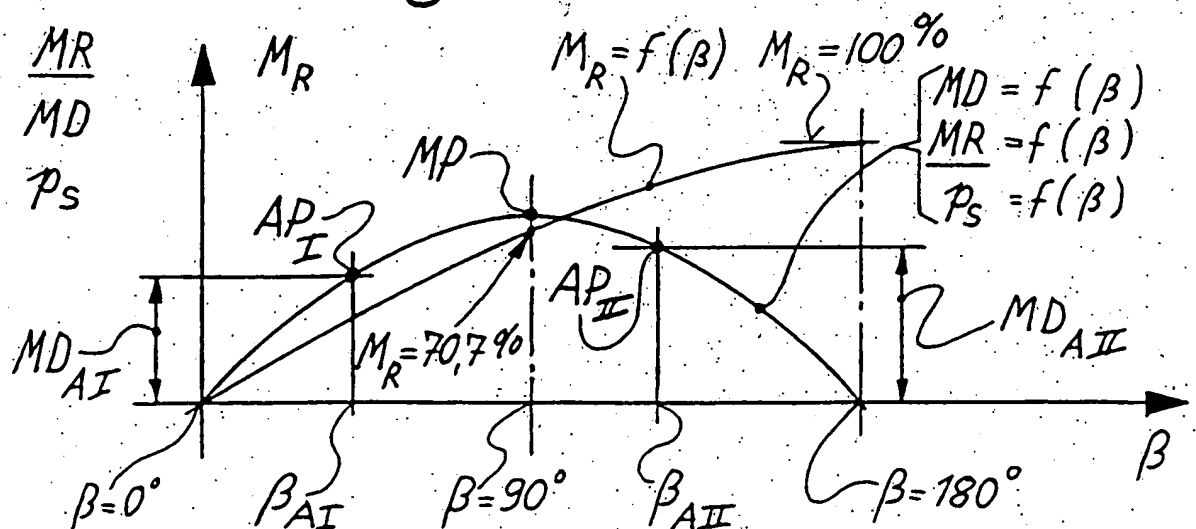
Fig. 3





Fig. 5Fig. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP 93/01693

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. 5 B06B1/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. 5 B06B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim N
A	WO, A, 9108842 (GEDIB INGENIEURBÜRO UND INNOVATIONSBERATUNG GMBH) 27 June 1991 (cited in the application)	1,6
A	DE, C, 4116647 (HESS MASCHINENFABRIK GMBH & CO KG) 2 July 1992 (cited in the application)	1,6
A	WO, A, 8907988 (FIRMA WACKER-WERKE GMBH & CO KG) 8 September 1989	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to underscore the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 September 1993 (29.09.93)

Date of mailing of the international search report

4 October 1993 (04.10.93)

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

# ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

EP 9301693  
SA 76558

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 29/09/9

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9108842	27-06-91	DE-A- 4000011	27-06-91
		DE-A- 4009609	27-06-91
		DE-U- 9116345	22-10-92
		EP-A- 0506722	07-10-92
		JP-T- 5504291	08-07-93
DE-C-4116647	02-07-92	CA-A- 2087849	23-11-92
		DE-U- 9115834	27-02-92
		WO-A- 9220466	26-11-92
		EP-A- 0515305	25-11-92
WO-A-8907988	08-09-89	DE-A- 3806897	14-09-89
		EP-A- 0358744	21-03-90
		JP-T- 2501811	21-06-90
		US-A- 5010778	30-04-91

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 93/01693

**I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS** (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)<sup>6</sup>

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int.Kl. 5 B06B1/16

**II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE**Recherchierte Mindestprüfstoff<sup>7</sup>

Klassifikationssystem

Klassifikationssymbole

Int.Kl. 5

B06B

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen<sup>8</sup>**III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN<sup>9</sup>**

Art. <sup>9</sup>	Kennzeichnung der Veröffentlichung <sup>11</sup> , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile <sup>12</sup>	Betr. Anspruch Nr. <sup>13</sup>
A	WO,A,9 108 842 (GEDIB INGENIEURBÜRO UND INNOVATIONSBERATUNG GMBH) 27. Juni 1991 in der Anmeldung erwähnt ---	1,6
A	DE,C,4 116 647 (HESS MASCHINENFABRIK GMBH & CO KG) 2. Juli 1992 in der Anmeldung erwähnt ---	1,6
A	WO,A,8 907 988 (FIRMA WACKER-WERKE GMBH & CO. KG) 8. September 1989 -----	1

<sup>9</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen<sup>10</sup>:

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"A" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

**IV. BESCHEINIGUNG**

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. SEPTEMBER 1993

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

04.10.93

Internationale Recherchenbehörde

EUROPAISCHES PATENTAMT

Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten

PIPPING L.E.L.

# ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

EP 9301693  
SA 76558

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

29/09/9

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO-A-9108842	27-06-91	DE-A- 4000011	27-06-91
		DE-A- 4009609	27-06-91
		DE-U- 9116345	22-10-92
		EP-A- 0506722	07-10-92
		JP-T- 5504291	08-07-93
DE-C-4116647	02-07-92	CA-A- 2087849	23-11-92
		DE-U- 9115834	27-02-92
		WO-A- 9220466	26-11-92
		EP-A- 0515305	25-11-92
WO-A-8907988	08-09-89	DE-A- 3806897	14-09-89
		EP-A- 0358744	21-03-90
		JP-T- 2501811	21-06-90
		US-A- 5010778	30-04-91

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**